饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡生产性能的影响

殷若新[1,2]　曹丙健[1]　胡希怡[1]　丁祥文[1]　苏鹏程[1]　宋志刚[1*]

（1.山东农业大学动物科技学院，泰安 271018；2.山东省农业科学院家禽研究所，济南 250023）

摘　要：本试验通过研究饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡生产性能的影响，建立蛋白质需要量析因模型，确定济宁百日蛋种鸡饲粮粗蛋白质的需要量。采用单因素完全随机试验设计，饲粮粗蛋白质水平分别为 13%、14%、15%、16%、17%，其他营养指标保持一致。选取 40 周龄、体重接近的健康济宁百日蛋种鸡 525 只，随机分为 5 组，每组 5 个重复，每个重复 21 只。预试期 7 d，试验期 56 d。结果表明：1）饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡平均日粗蛋白质摄入量（ADCPI）有极显著的影响（P<0.01），随着饲粮粗蛋白质水平的升高，ADCPI 显著升高（P<0.05）。2）饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡 41～48 周龄的产蛋数、产蛋率、平均蛋重、平均日产蛋量（ADEM）均有显著影响（P<0.05），对料蛋比有极显著影响（P<0.01）；高粗蛋白质水平组（16%、17%）的产蛋数、产蛋率、ADEM 均高于低粗蛋白质水平组（13%、14%、15%）。在一定的饲粮粗蛋白质水平（13%～16%）范围内，蛋重有随着饲粮粗蛋白质水平的升高而升高的趋势。3）以 ADCPI 为因变量，以平均日增重（ADG）、ADEM 和代谢体重（$BW^{0.75}$）为自变量，拟合济宁百日蛋种鸡粗蛋白质需要析因模型为：$ADCPI=0.268\ 0\ ADG+0.271\ 1\ ADEM+3.299\ 3\ BW^{0.75}$ (R^2=0.993 4)。满足济宁百日蛋种鸡 41～48 周龄时最佳生产性能的适宜饲粮粗蛋白质水平为 15.49%。

关键词：粗蛋白质；济宁百日鸡；生产性能；粗蛋白质需要

中图分类号：S831；S816.4　　文献标识码：A　　文章编号：

家禽机体蛋白质的组成成分主要来源于饲料蛋白质，去除消化道内容物，产蛋鸡活体蛋白质比例约为 21%[1]，鸡蛋全蛋中蛋白质比例约为 12.8%[2]。蛋白质能影响家禽的免疫功能[3]，调节机体激素[4]、抗体水平[5]，增强机体防御功能。饲粮粗蛋白质水平显著影响家禽的体增重、采食量、饲料转化率和产蛋率[6-9]；也有报道表明，饲粮粗蛋白质水平对地方品种鸡的平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）、料重比的影响不显著[10-12]。

收稿日期：2015-11-29
基金项目：山东省现代农业产业技术体系家禽创新团队营养与饲料岗位项目（SDAIT-13-011-08）
作者简介：殷若新（1977—），男，山东淄博人，硕士，从事动物营养研究。E-mail: Yinrx_jn@163.com
*通信作者：宋志刚，教授，博士生导师，E-mail: zhigangs@sdau.edu.cn

近年来，有关地方品种鸡营养需要的研究较多，涉及多个品种鸡的蛋白质和能量需要[12-15]。因品种、气候条件、饲养方式、机体大小、生理阶段等的不同，不同品种产蛋鸡的饲粮粗蛋白质需要量不同。不同饲养阶段的淮南麻黄鸡对饲粮粗蛋白质的需求是不同的，产蛋初期（19～23 周龄）在代谢能水平为 11.56 MJ/kg 时，适宜粗蛋白质水平为 14.0%；产蛋高峰期（24～40 周龄）在代谢能水平为 11.68 MJ/kg 时，适宜粗蛋白质水平为 16.0%；产蛋后期（44～51 周龄）在代谢能水平为 11.68 MJ/kg 时，适宜粗蛋白质水平为 12.9%[13]。北京油鸡产蛋高峰期适宜的粗蛋白质水平为 15.2%[14]。

济宁百日鸡属于蛋肉兼用型地方鸡种，原产于山东省济宁市郊区，早熟个体能在 100 日龄左右开产，由此而得名。济宁百日鸡原种场目前饲养（原）种鸡 2 万余套，已推广到山东、湖南、湖北、贵州、云南等全国 20 多个省份，年推广量 1 000 万只以上，有关其粗蛋白质需要量的研究尚未见报道。本试验通过研究饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡生产性能的影响，旨在获得济宁百日蛋种鸡粗蛋白质需要量参数，为其饲养标准的制定和生产实践提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

本试验在济宁百日鸡原种场进行。选取 40 周龄、体重接近的健康济宁百日蛋种鸡 525 只，随机分为 5 组，每组 5 个重复，每个重复 21 只。预试期 7 d（40 周龄），试验期 56 d（41～48 周龄）。饲粮配制采用单因素完全随机试验设计，饲粮粗蛋白质水平分别为 13%（A 组）、14%（B 组）、15%（C 组）、16%（D 组）、17%（E 组），其他营养指标保持一致。

1.2 试验饲粮

试验采用玉米-豆粕型饲粮，参考 NY/T 33-2004《鸡饲养标准》，并结合企业生产实际设计试验饲粮，试验饲粮组成及营养水平见表 1。各组试验饲粮取样，凯氏定氮法测定粗蛋白质水平。

表 1 试验饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	组别 Groups				
	A	B	C	D	E
原料 Ingredients					
玉米 Corn	70.00	68.65	67.27	64.00	60.07

豆粕 Soybean meal	13.70	17.40	21.10	24.60	28.00
麸皮 Wheat bran	4.90	2.70	0.50		
贝壳粉 Shell powder	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
豆油 Soybean oil				0.50	1.20
预混料 Premix[1)]	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
L-赖氨酸 *L*-Lys	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.19	0.17	0.14	0.12	0.09
L-苏氨酸 *L*-Thr	0.21	0.18	0.13	0.08	0.04
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
粗蛋白质 CP	12.74	13.62	14.83	16.15	17.07
钙 Ca	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80
有效磷 AP	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
代谢能 ME/（MJ/kg）	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51
赖氨酸 Lys	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
苏氨酸 Thr	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67

[1)] 每千克预混料为饲粮提供 Premix provided the following per kg of diets：VA 230 000 IU，VD_3 100 000 IU，VE 1 000 000 IU，VK_3 60 mg，VB_1 60 mg，VB_2 350 mg，VB_6 100 mg，VB_{12} 0.6 mg，Cu 0.5～2.5 g，Fe 1.6 g，Mn 2.5 g，Zn 2.5 g，Se 10～18 mg，生物素 biotin 5 mg，胆碱 choline 16 g，叶酸 folic acid 32 mg，烟酸 nicotinic acid 2 000 mg，泛酸 pantothenic acid 400 mg。

[2)] 粗蛋白质为实测值，其余为计算值。CP was a measured value, while the others were calculated values.

1.3 饲养管理

采用舍内 3 层阶梯单笼饲养，自然光照加人工补光，每天光照时间 16 h。饲料为干粉料，每天投料 2 次，匀料 4 次，定时投料，自由采食；乳头饮水器，自由饮水。每天下午捡蛋 1 次。

试验期间，按照济宁百日鸡原种场设定的管理规程进行日常管理。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 采食量

试验期内，各重复每次配制 14 d 的试验饲粮，准确记录总饲粮量和剩余饲粮量。每 2 周统计 1 次每个重复的采食量，计算 ADFI、平均日粗蛋白质摄入量（average daily crude protein intake，ADCPI）。

采食量=总饲粮量-剩余饲粮量；

ADFI=采食量/（每重复试验鸡只数×试验天数）；

ADCPI=ADFI×饲粮粗蛋白质水平。

1.4.2 体重

试验期内，每 2 周随机抽样称重 1 次，每重复随机抽取 6 只试验鸡称重，计算平均体重、ADG、代谢体重（$BW^{0.75}$）。

ADG=（期末体重-期初体重）/试验天数。

1.4.3 存活率

每天记录每个重复的死淘鸡数量、体重，计算存活率。

存活率（%）=（入舍鸡总数–死淘鸡总数）/入舍鸡总数×100。

1.4.4 生产性能

试验期内，每天记录每个重复的产蛋数、产蛋重，记录不合格蛋（破蛋、畸形蛋、沙壳蛋、软皮蛋等）数量，计算产蛋数、产蛋率、平均蛋重、平均日产蛋量（average daily egg mass，ADEM）、料蛋比。

1.5 数据处理

试验采用 SAS 9.2 软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA），统计显著水平为 $P<0.05$，差异显著者再进行 Duncan 氏法多重比较，对相关敏感指标用线性和二次曲线模型进行回归分析。粗蛋白质需要析因模型采用交互式数据分析进行拟合。

2 结果与分析

2.1 饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡采食量、体重、存活率的影响

由表 2 可知，饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡 ADCPI 有极显著的影响（P<0.01），随粗蛋白质水平从13%升高到16%，ADCPI 显著升高（P<0.05），但16%和17%组 ADCPI 差异不显著（P>0.05）。饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡 ADFI、平均体重、$BW^{0.75}$、ADG 和存活率均无显著影响（P>0.05）。

表 2　饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡采食量、体重、存活率的影响

Table 2　Effects of dietary crude protein level on feed intake, body weight and survival rate of *Jining Bairi* laying hens

项目 Items	饲粮粗蛋白质水平 Dietary crude protein level/%					SEM	*P* 值 *P*-value		
	13	14	15	16	17		组间 Groups	线性 Linear	二次曲线 Quadratic
平均日采食量 ADFI/g	74.33	74.19	73.15	73.62	71.15	0.488 6	0.275 3	0.049 2	0.111 2
平均日粗蛋白质摄入量 ADCPI/g	9.66[d]	10.39[c]	10.97[b]	11.78[a]	12.10[a]	0.072 3	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1
平均体重 BW/kg	1.40	1.45	1.46	1.40	1.34	0.020 5	0.413 2	0.285 5	0.141 4
代谢体重 $BW^{0.75}$/kg	1.28	1.32	1.33	1.28	1.25	0.014 0	0.403 3	0.275 6	0.137 9
平均日增重 ADG/g	0.68	0.84	0.79	0.89	0.94	0.089 0	0.911 1	0.348 2	0.648 1
存活率 Survival rate/%	99.05	98.10	98.10	99.05	95.24	0.737 7	0.482 5	0.203 9	0.335 8

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著（P>0.05），相邻字母表示差异显著（P<0.05），相间字母表示差异极显著（P<0.01）。表 3 同。

In the same row, values with the same letter or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with adjacent letter superscripts mean significant difference (P<0.05)，with alternate letter superscripts mean extremely significant difference (P<0.01). The same as table 3.

2.2　饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡生产性能的影响

由表 3 可知，饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡产蛋数、产蛋率、平均蛋重、ADEM 均有显著影响（P<0.05），对料蛋比有极显著影响（P<0.01），但对不合格蛋率无显著影响（P>0.05）。

饲粮粗蛋白质水平对产蛋数、产蛋率、ADEM 的影响相似，较低粗蛋白质水平（13%、14%和

15%）时随着饲粮粗蛋白质水平的升高而降低，粗蛋白质水平达到 16%时达到最大值，饲粮粗蛋白质水平再升高到17%时反而降低，但高粗蛋白质水平组（16%和 17%）均高于低粗蛋白质水平组（13%、14%和 15%）。

平均蛋重则随着饲粮粗蛋白质水平的升高而显著升高（P<0.05），饲粮粗蛋白质水平达到 16%时平均蛋重达到最大值 44.97 g，比最低蛋重 43.43 g（13%粗蛋白质水平组）重 1.54 g。饲粮粗蛋白质水平再升高到 17%，蛋重则降低。在一定的饲粮粗蛋白质水平限度范围内，济宁百日蛋种鸡平均蛋重有随着饲粮粗蛋白质水平的升高而升高的趋势，但最高的饲粮粗蛋白质水平并未获得最高的平均蛋重。

料蛋比在较低粗蛋白质水平（13%、14%和 15%）时也表现为随着饲粮粗蛋白质水平的升高而升高，粗蛋白质水平达到 15%时达到最大值 3.45，粗蛋白质水平再升高到 16%时料蛋比反而显著降低（P<0.05），粗蛋白质水平再继续升高到 17%时料蛋比继续降低并达到最低值 2.90，并且较高粗蛋白质水平组（16%和 17%）与较低粗蛋白质水平组（13%、14%和 15%）间料蛋比的差异显著（P<0.05）。

综上所述，本试验中较高粗蛋白质水平组（16%和 17%）的产蛋数、产蛋率、ADEM 均高于较低粗蛋白质水平组（13%、14%和 15%），16%粗蛋白质水平组的产蛋数、产蛋率、平均蛋重、ADEM 均是最高值，即 16%粗蛋白质水平组的生产性能最好，最高的饲粮粗蛋白质水平组（17%）并未获得最高的生产性能。

表 3　饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡生产性能的影响

Table 3　Effects of dietary crude protein levels on performance of *Jining Bairi* laying hens

项目 Items	饲粮粗蛋白质水平 Dietary crude protein level/%					SEM	*P* 值 *P*-value		
	13	14	15	16	17		组间 Groups	线性 Linear	二次曲线 Quadratic
产蛋数 Hen-day egg number	30.46[a]	29.14[ab]	27.06[b]	31.26[a]	30.98[a]	0.420 0	0.028 7	0.379 9	0.082 3
产蛋率 Hen-day laying rate/%	55.39[a]	52.99[ab]	49.19[b]	56.84[a]	56.33[a]	0.763 7	0.028 7	0.379 9	0.082 3
平均蛋重 Average egg weight/g	43.43[b]	44.35[ab]	44.42[ab]	44.97[a]	43.97[ab]	0.163 8	0.049 8	0.190 9	0.029 1

平均日产蛋量 ADEM/(g/d)	24.04[a]	23.48[ab]	21.82[b]	25.56[a]	24.74[a]	0.309 4	0.013 0	0.204 6	0.135 9
不合格蛋率 Unqualified rate of egg/%	3.08	1.98	2.35	2.03	2.30	0.249 1	0.652 9	0.384 3	0.421 4
料蛋比 Feed/egg	3.19[ab]	3.23[ab]	3.45[a]	2.97[bc]	2.90[c]	0.040 5	0.002 8	0.024 3	0.006 2

2.3 济宁百日蛋种鸡 41～48 周龄时粗蛋白质需要量

析因法建立济宁百日蛋种鸡 41～48 周龄时粗蛋白质需要量析因模型。以 ADCPI 为因变量，以 ADG、ADEM 和 $BW^{0.75}$ 为自变量，拟合济宁百日蛋种鸡粗蛋白质需要量析因模型（表 4）。综合饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡生产性能的影响，根据建立的济宁百日蛋种鸡粗蛋白质需要量析因模型，结合最佳生产性能组的 ADG、ADEM 和 $BW^{0.75}$，确定济宁百日蛋种鸡的饲粮粗蛋白质需要量为 15.49%。

表 4　济宁百日蛋种鸡 41～48 周龄时粗蛋白质需要量

Table 4　Crude protein requirements of *Jining Bairi* laying hens aged from 41 to 48 weeks

析因模型 Factorial model	R^2	粗蛋白质需要量 Crude protein requirement/%
$ADCPI$=0.268 0 ADG+0.271 1 $ADEM$+3.299 3 $BW^{0.75}$	0.993 4	15.49

3　讨　论

3.1　饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡采食量、体重、存活率的影响

济宁百日鸡是地方品种鸡，与高产蛋鸡相比，生产性能较差。本试验中，济宁百日蛋种鸡的 ADFI、产蛋率、ADEM、蛋重都相对较低，均比高产蛋鸡低。正是济宁百日鸡与普通蛋鸡生产性能和品种上的差异，决定了济宁百日鸡与普通蛋鸡在营养需要上的差异，饲养标准推荐的粗蛋白质营养水平并不适合济宁百日鸡的产蛋需要，不利于发挥济宁百日鸡的生产潜力。

家禽有“为能而食”的特点，采食量随着饲粮能量水平的升高而降低，而粗蛋白质水平对采食量的影响较小。本试验在相同水平的饲粮代谢能条件下，虽然粗蛋白质水平最低组（13%）济宁百日蛋种鸡的 ADFI 最高，粗蛋白质水平最高组（17%）ADFI 最低，ADFI 有随着饲粮粗蛋白质水平升高而降低的趋势，但粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡的 ADFI 无显著影响，与其他报道结果相一致[16-17]，也进一步验证了“为能而食”的理论。本试验中 ADCPI 随着饲粮粗蛋白质水平的升高而显著升高，产生了和饲粮粗蛋白质水平相一致的变化趋势，与其他文献报道相一致[18]。这是因为 ADFI 受

饲粮粗蛋白质水平影响不显著而饲粮粗蛋白质水平存在差异所致，也证实了饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡的采食量未产生显著影响。

品种、遗传、生理状况、饲养管理、环境条件等因素都可以影响家禽的粗蛋白质需要量。饲粮粗蛋白质水平也是影响机体体重的主要营养因素，在一定的能量水平下，足够的粗蛋白质摄入量是机体维持正常生命和生产活动的保证，缺乏粗蛋白质会对机体造成不良影响，严重者甚至死亡。本试验结果显示，饲粮粗蛋白质水平未显著影响济宁百日蛋种鸡的体重、ADG，虽然表现出了随着饲粮粗蛋白质水平的升高而升高的趋势，但高粗蛋白质水平时这种趋势消失，体重反而降低，平均体重由 15%粗蛋白质水平组的 1.46 kg 降低到 17%粗蛋白质水平组的 1.34 kg。原因可能是过高的粗蛋白质水平会引起动物消化不良，并影响其他营养物质的消化吸收，导致肠炎、下痢；大量未被正常消化吸收的粗蛋白质在肠道菌群的作用下，分解、腐败，产生有毒有害物质；肝脏、肾脏也因负担过重受到损伤；最终引起机体中毒。在康达尔黄羽肉鸡上进行的试验也证明了这一点，饲粮粗蛋白质水平为 17%时的饲养效果比粗蛋白质水平为 16%时的要差[19]。也有试验得到了与本试验不同的结果，饲粮营养水平显著影响了河田鸡的体重、日增重，在一定的能量水平下，日增重与粗蛋白质水平呈正相关；其粗蛋白质水平和最佳代谢能也因性别的不同、生长阶段的不同而不同[20]。饲喂不同粗蛋白质水平饲粮对 42 周龄贵妃鸡的日增重、日采食量和饲料转化率均有极显著影响[21]。本试验中，随着饲粮粗蛋白质水平的升高，济宁百日蛋种鸡的体重变化与粗蛋白质水平的升高并不一致，这说明较高粗蛋白质水平的饲粮并不一定获得较高的体重，适宜的饲粮粗蛋白质水平才能获得较高的体重和日增重。

本试验中，虽然饲粮粗蛋白质水平未显著影响济宁百日蛋种鸡的存活率，但 17%粗蛋白质水平组的存活率最低，且试验鸡的主要死亡原因是脱肛致死。饲粮中粗蛋白质水平过高，使母鸡产大蛋频率增加，往往发生产蛋困难，肛门周围组织的弹性降低，输卵管在产蛋后不能正常复位，造成蛋鸡脱肛[22]。处于产蛋高峰期的蛋鸡，短期内饲喂大量的高蛋白质饲料，往往会使母鸡产蛋量猛增，难产脱肛的发生率增加[23]。高粗蛋白质水平导致了饲粮营养不平衡，使蛋鸡脱肛可能性增加，死淘率也升高。

蛋鸡的营养需要量受品种、饲养管理、环境、体重和产蛋量等因素的影响[24-25]。在影响家禽生产力表现的诸因素中，遗传力只占 5%～10%，50%～95%则取决于环境条件[26]。本试验结果表明，饲粮粗蛋白质水平未显著影响济宁百日蛋种鸡的 ADFI、体重、$BW^{0.75}$、ADG、不合格蛋率、存活率，这也可能是由于鸡品种本身的特性或者试验设计的饲粮粗蛋白质梯度差异性较小所致。在代谢能水

平为 11.68 MJ/kg 时，分别用粗蛋白水平为 15%、16%和 17%的饲粮饲喂 24～40 周龄淮南麻黄鸡，结果发现饲粮不同粗蛋白质水平均未显著影响淮南麻黄鸡的日采食量、平均蛋重、体重[27]，与本试验研究结果相一致。

3.2　饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡生产性能的影响

本试验中，饲粮粗蛋白质水平显著影响了衡量蛋鸡生产性能的主要指标产蛋数、产蛋率、平均蛋重、ADEM，这与其他研究报道的结果相一致。随着饲粮粗蛋白质水平的升高，产蛋高峰期海兰褐蛋鸡的产蛋率、日产蛋量也升高[28]。饲粮粗蛋白质水平显著影响了 19～72 周龄海兰白 W-36 蛋鸡的产蛋率、产蛋总重[29]。当饲粮粗蛋白质水平从 11.7%升高到 14.6%时，虽然罗曼蛋鸡的产蛋率无显著变化，但产蛋量、平均蛋重均显著升高[30]，饲粮能量和粗蛋白质的平衡对生产性能有显著影响[20]。本试验结果还显示，在低粗蛋白质水平（13%、14%、15%）时产蛋数、产蛋率随着饲粮粗蛋白质水平的升高而降低，粗蛋白质水平达到 16%时产蛋数、产蛋率也达到了最大值，饲粮粗蛋白质水平再升高到 17%时产蛋数、产蛋率反而降低，但高粗蛋白质水平组（16%、17%）的产蛋数、产蛋率、ADEM 均高于低粗蛋白质水平组（13%、14%和 15%）。这可能是因为低粗蛋白质水平饲粮未能满足产蛋的粗蛋白质需要量，高粗蛋白质水平（17%）对于济宁百日蛋种鸡来讲又高于产蛋的粗蛋白质需要量。

有研究表明，过多的粗蛋白质摄入同样不利于鸡生产性能的发挥[31-32]，这可从本试验中得到进一步验证。本试验中，16%粗蛋白质水平组的生产性能最好，最高的饲粮粗蛋白质水平（17%）并未获得最高的生产性能，造成这种结果的原因可能是由于饲粮粗蛋白质水平过高，导致粗蛋白质代谢率降低，从而降低了生产性能所致。这也与有关雪山草鸡的研究报道相一致，虽然雪山草鸡生长后期对饲粮粗蛋白质水平有较宽的适应范围，但过低的粗蛋白质水平（13.11%）也会影响生产性能的发挥，过高的粗蛋白质水平（17.08%）同样不能产生相应的效果，造成蛋白质资源的浪费[33]。对鲁西斗鸡、崇仁麻鸡的研究也有类似的报道，饲粮适宜的粗蛋白质水平可以显著改善 21～46 周龄鲁西斗鸡的产蛋量、产蛋率、料蛋比[34]，崇仁麻鸡对高营养水平不敏感，中等营养水平就能取得与高营养水平相近的饲养效果[35]。

在不同的饲养阶段选择适宜的饲粮粗蛋白质水平不但能够改善鸡的生产性能，还可以节约生产成本，一些试验已经验证了这一点。淮南麻黄鸡在不同的饲养阶段对饲粮粗蛋白质的需求是不同的，1～6 周龄在饲粮代谢能水平为 11.96 MJ/kg 时，饲粮适宜粗蛋白质水平为 20%；7～18 周龄在饲粮代谢能水平为 11.69～11.73 MJ/kg 时，饲粮适宜粗蛋白质水平为 14.0%～15.0%；19～23 周龄产蛋初期

在饲粮代谢能水平为 11.56 MJ/kg 时，饲粮适宜粗蛋白质水平为 14.0%；24～40 周龄产蛋高峰期在饲粮代谢能水平为 11.68 MJ/kg 时，饲粮适宜粗蛋白质水平为 16.0%；44～51 周龄产蛋后期在饲粮代谢能水平为 11.68 MJ/kg 时，饲粮适宜粗蛋白质水平为 12.9%[13]。在研究饲粮粗蛋白质水平对鲁西斗鸡生产性能及蛋品质影响的试验中，也发现了相似的试验结果，鲁西斗鸡 26～29 周龄的适宜粗蛋白质水平为 14.0%，30～37 周龄的适宜粗蛋白质水平为 17.0%，38～41 周龄的适宜粗蛋白质水平为 18.5%[34]。本试验研究也证明，只有饲粮粗蛋白质水平适应了动物的需要，才能最大限度发挥动物的生产潜力，以最小的投入得到最大的回报。

研究中还发现高粗蛋白质饲粮对提高蛋重和产蛋率有显著作用[36]。在相同的氨基酸和能量水平条件下，分别采用粗蛋白质水平为 16%、14%、12%和 10%的 4 种不同粗蛋白质水平饲粮饲喂 30～52 周龄肉种鸡，结果发现饲粮粗蛋白质水平越高，蛋重越大，整个试验期各组肉种鸡的蛋重差异显著[37]。本试验研究也表明，在一定的饲粮粗蛋白质水平范围内，济宁百日蛋种鸡的蛋重有随着饲粮粗蛋白质水平的升高而升高的趋势。

鸡的产蛋量高并不一定代表产生的经济效益高，只有产蛋量高的同时耗料量少才能带来较高的经济效益，料蛋比就是一个反映养殖过程中投入产出情况的经济效益指标。本试验中，较高粗蛋白质水平组（16%、17%）料蛋比显著低于较低粗蛋白质水平组（13%、14%、15%），本试验没有考虑饲粮粗蛋白质水平对经济效益的影响，可作为进一步研究的方向。

4 结 论

① 随饲粮粗蛋白质水平的升高济宁百日蛋种鸡的 ADCPI 显著升高，且其变化趋势与饲粮粗蛋白质水平的变化趋势相一致。

② 饲粮粗蛋白质水平对济宁百日蛋种鸡 41～48 周龄的产蛋数、产蛋率、平均蛋重、ADEM 均有显著影响，对料蛋比有极显著影响，高粗蛋白质水平组（16%、17%）的产蛋数、产蛋率、ADEM 均高于低粗蛋白质水平组（13%、14%、15%）。在一定的饲粮粗蛋白质水平（13%～16%）范围内，蛋重有随着饲粮粗蛋白质水平的升高而升高的趋势。

③ 满足济宁百日蛋种鸡 41～48 周龄最佳生产性能的适宜饲粮粗蛋白质水平为 15.49%。

参考文献:

[1] MAYNARD L A,LOOSLI J K,HINTZ H F,et al.Animal nutrition[M].7th ed.New York:Hill Book Company,1979.

[2] 杨凤.动物营养学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2008.

[3] GLICK B,TAYLOR R L Jr,MARTIN D E,et al.Calorie-protein deficiencies and the immune response of the chicken.Ⅱ.Cell-mediated immunity[J].Poultry Science,1983,62(9):1889–1893.

[4] 郭长江,徐琪寿.精氨酸体外对免疫细胞功能的调节作用[J].氨基酸杂志,1991(1):4–5.

[5] ROURA E,HOMEDES J,KLASING K C.Prevention of immunologic stress contributes to the growth-permitting ability of dietary antibiotics in chicks[J].Journal of Nutrition,1992,122(12):2383–2390.

[6] JOSEPH N S,ROBINSON F E,KORVER D R,et al.Effect of dietary protein intake during the pullet-to-breeder transition period on early egg weight and production in broiler breeders[J].Poultry Science,2000,79(12):1790–1796.

[7] 付胜勇,武书庚,张海军,等.日粮能量浓度和粗蛋白质水平对蛋鸡生产性能、蛋品质、氮和温室气体排出的影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十一次全国动物营养学术研讨会论文集.北京:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,2012.

[8] 孙永刚,王志祥,亢娟娟,等.不同营养水平日粮对蛋鸡高峰期生产性能的影响[J].饲料研究,2010(9):20–24.

[9] 曾灼祥,潘晓建,彭增起,等.母鸡日粮不同蛋白水平对种蛋品质和后代肉质的影响[J].江苏农业科学,2006(6):288–292.

[10] 许美解,刘小飞,钟金凤.14～21 周龄湘黄鸡日粮适宜能量和蛋白质水平的研究[J].家畜生态学报,2010,31(3):35–40.

[11] 欧阳克蕙,王文君,林树茂,等.不同营养水平对崇仁麻鸡不同阶段生产性能和胴体化学组成的影响[J].中国畜牧杂志,2004,40(3):27–29.

[12] 田亚东.固始鸡能量和蛋白质营养需要量的研究[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2002.

[13] 朱由彩.淮南麻黄鸡日粮蛋白质水平研究[D].硕士学位论文.合肥:安徽农业大学,2013.

[14] 周永孝.北京油鸡产蛋高峰期适宜粗蛋白水平的研究[D].硕士学位论文.洛阳:河南科技大学,2012.

[15] 姜淑贞,陈冠军,杨维仁,等.鲁西斗鸡产蛋期粗蛋白质需要量[J].动物营养学报,2013,25(12):2865–2872.

[16] LEESON S,CASTON L J.Response of laying hens to diets varying in crude protein or available phosphorus[J].The Journal of Applied Poultry Research,1996,5(3):289–296.

[17] MORRIS T R.The effect of dietary energy level on the voluntary calorie intake of laying birds[J].British Poultry Science,1968,9(3):285–295.

[18] GUNAWARDANA P,ROLAND D A,BRYANT M M.Effect of energy and protein on performance,egg components,egg solids,egg quality,and profits in molted Hy-line W-36 hens[J].The Journal of Applied Poultry Research,2008,17(4):432–439.

[19] 秦江帆,梁祖满,方瑞坤.不同能量浓度和蛋白质水平及胆碱对康达尔黄羽肉鸡后期生长性能的影响[J].饲料博览,2002(12):30–31.

[20] 杨烨,李忠荣,冯玉兰.河田鸡日粮能量和粗蛋白质水平的研究[J].福建农业学报,2001,16(1):42–48.

[21] 宗文丽,白秀娟.不同营养水平日粮对生长期贵妃鸡生产性能的影响[J].经济动物学报,2006,10(4):203–205.

[22] 丁昌春,李立虎.笼养种鸡脱肛的起因及对策[J].养禽与禽病防治,1998(10):26.

[23] 李翠萍.母鸡脱肛原因剖析及防制措施的探讨[J].辽宁畜牧兽医,1986(1):12–14.

[24] PANDA A K,RAMA RAO S V,RAJU M V L N,et al.Effect of nutrient density on production performance,egg quality and humoral immune response of brown laying (Dahlem Red) hens in the tropics[J].Tropical Animal Health and Production,2012,44(2):293–299.

[25] JUNQUEIRA O M,DE LAURENTIZ A C,DA SILVA FILARDI R,et al.Effects of energy and protein levels on egg quality and performance of laying hens at early second production cycle[J].The Journal of Applied Poultry Research,2006,15(1):110–115.

[26] 杨宁.现代养鸡生产[M].北京:北京农业大学出版社,1994.

[27] 朱由彩,李吕木,詹凯,等.日粮粗蛋白水平对淮南麻黄鸡种鸡生产性能的影响[J].中国家禽,2013,35(8):25–29.

[28] 孙永刚.低能量水平下产蛋鸡高峰期适宜蛋白、蛋氨酸需要量的确定及理想蛋白模式的研究[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2010.

[29] 黄保华,张桂芝,石天虹,等.不同营养水平对蛋鸡 19~72 周龄生产性能的影响[J].山东家禽,2000(1):10–13.

[30] 尹清强,韩友文,滕冰,等.产蛋鸡高峰期蛋白质和必需氨基酸模型的研究[J].东北农业大学学报,1996,27(3):259–265.

[31] KHAJALI F,KHOSHOUIE E A,DEHKORDI S K,et al.Production performance and egg quality of Hy-line W36 laying hens fed reduced-protein diets at a constant total sulfur amino acid:lysine ratio[J].The Journal of Applied Poultry Research,2008,17(3):390–397.

[32] NOVAK C,YAKOUT H M,SCHEIDELER S E.The effect of dietary protein level and total sulfur amino acid:lysine ratio on egg production parameters and egg yield in Hy-line W-98 hens[J].Poultry Science,2006,85(12):2195–2206.

[33] 朱江宁.雪山草鸡母鸡后期日粮中适宜蛋白水平的研究[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2005.

[34] 陈冠军,杨维仁,杨在宾,等.饲粮粗蛋白质水平对鲁西斗鸡生产性能及蛋品质的影响[J].动物营养学报,2012,24(10):2028–2035.

[35] 欧阳克蕙,王文君,林树茂,等.能量和蛋白水平对崇仁麻鸡生产性能的影响[J].中国家禽学报,2003,7(1):10–13.

[36] BOWMAKER J E,GOUS R M.Quantification of reproductive changes and nutrient requirements of broiler breeder pullets at sexual maturity[J].British Poultry Science,1989,30(3):663–675.

[37] LOPEZ G,LEESON S.Response of broiler breeders to low-protein diets.1.adult breeder performance[J].Poultry Science,1995,74(4):685–695.

Effects of Dietary Crude Protein Levels on Performance of *Jining Bairi* Laying Hens

YIN Ruoxin[1,2] CAO Bingjian[1] HU Xiyi[1] DING Xiangwen[1] SU Pengcheng[1] SONG Zhigang[1*1]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Shandong Agricultural University*, *Tai'an* 271018, *China*; 2. *Poultry Institute*, *Shandong Academy of Agricultural Science*, *Jinan* 250023, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary crude protein levels on performance of *Jining Bairi* laying hens, and to establish factorial model of crude protein requirements, and to define the crude protein requirements of *Jining Bairi* laying hens. A single-factor completely randomized experiment design was applied. The crude protein levels of the experimental diets were 13%, 14%, 15%, 16% and 17%, while the other nutrients remained unchanged. A total of 525 healthy 40-week-old *Jining Bairi* laying hens with similar weight were randomly allocated into 5 groups with 5 replicates per group and 21

*Corresponding author, professor, E-mail: zhigangs@sdau.edu.cn （责任编辑　李慧英）

chickens per replicate. The pretest period lasted for 7 days and the experimental period lasted for 56 days. The results showed as follows: 1) dietary crude protein levels had extremely significant effects on average daily crude protein intake (ADCPI) of *Jining Bairi* laying hens (P<0.01), and ADCPI significantly increased with the increase of dietary crude protein level (P<0.05). 2) Dietary crude protein levels had significant effects on hen-day egg number, hen-day laying rate, average egg weight and average daily egg mass (ADEM) (P<0.05), and which had extremely significant effects on feed/egg of *Jining Bairi* laying hens (P<0.01). The hen-day egg number, hen-day laying rate and ADEM in high crude protein level groups (16% and 17%) were higher than those in low crude protein level groups (13%, 14% and 15%). The average egg weight showed a rising tendency with increasing dietary crude protein level from 13% to 16%. 3) ADCPI as the dependent variable, average daily gain (ADG), ADEM and metabolic weight ($BW^{0.75}$) as the independent variable, the factorial models of crude protein requirements of *Jining Bairi* laying hens as follow: $ADCPI$=0.268 0 ADG+0.271 1 $ADEM$+3.299 3 $BW^{0.75}$ （R^2=0.993 4）. In conclusion, the suitable dietary crude protein level for the optimal performance of *Jining Bairi* laying hens from 41 to 48 weeks is 15.49%.

Key words: crude protein; *Jining Bairi* laying hens; performance; crude protein requirement